

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра технологии и оборудования лесопромышленного производства

Ю.В. Ефимов

ТЕХНОЛОГИЯ И МАШИНЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ

Методические указания к лабораторным работам
для обучающихся по направлению 35.03.02 «Технология
лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»
очной и заочной форм обучения

Екатеринбург
2019

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛБиДС.
Протокол № 11 от 01.11.18

Рецензент – Е.А. Газеева, канд. техн. наук, доцент ТОЛП.

Редактор Р.В. Сайгина

Оператор компьютерной верстки Е.Н. Дунаева

Подписано в печать 15.09.19

Плоская печать

Заказ №

Формат 60x84 1/16

Печ. л. 2,79

Поз. 42

Тираж 10 экз.

Цена руб. коп

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ

Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Общие положения

В соответствии с программой курса «Технология и машины лесосечных работ» направления 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» профиль «Лесоинженерное дело» предусматривается изучение на лабораторных занятиях конструкций лесозаготовительных машин и механизмов, схем и технологий их применения для выполнения лесосечных работ. Обучающиеся во время выполнения лабораторных работ должны:

- изучить различные технологии лесосечных работ;
- изучить назначение и устройство машин и механизмов лесозаготовок;
- научиться составлять схемы выполнения операций;
- научиться производить расчет технологических параметров работы лесозаготовительных машин и оборудования.

При выполнении лабораторных работ обучающиеся составляют индивидуальный отчет бригады.

Основные задачи методических указаний:

- 1) теоретическая подготовка обучающихся по изучаемому курсу и приобретение навыков в практическом применении полученных знаний;
- 2) подготовка к выполнению курсовой работы по дисциплине «Технология и машины лесосечных работ» и технологической части выпускной квалификационной работы.

До начала изучения дисциплины обучающийся должен прослушать теоретический курс лекций по теме «Теория переместительных и обрабатывающих операций» и дисциплине «Технология лесозаготовок за рубежом». Кроме того, студент должен знать основные понятия, связанные с технологией и оборудованием лесопромышленного производства; определения, классификацию лесосечных работ; принципы формирования систем машин; применять навыки расчетов производительности машин и механизмов; иметь понятие о технологических процессах лесосечных работ, об устройстве лесозаготовительного оборудования

Общие указания по выполнению лабораторных работ

Во время проведения лабораторных занятий группа обучающихся разбивается на бригады по 3-4 человека с таким расчетом, чтобы на каждого руководителя занятий приходилось не более 10-13 человек. После изучения выполняемых операций, машин или механизмов необходимо самостоятельно составить техническую характеристику, привести рисунок или технологическую схему работы и получить у преподавателя задание с исходными данными для расчета сменной производительности оборудования. Отчет о проделанной работе сдается преподавателю перед выполнением следующей лабораторной работы.

Техника безопасности при выполнении лабораторных работ

Перед началом проведения лабораторных работ преподаватель проводит вводный инструктаж по технике безопасности, а студенты расписываются в специальном журнале о прохождении инструктажа.

Лабораторная работа 1

Валка дерева: цепная бензиномоторная пила, валочно-пакетирующая машина, харвестер

Цель работы – ознакомиться с технологической операцией - валка дерева.

Задания

1. Изучить по литературным данным, видеоматериалам и плакатам технологическое оборудование и назначение механизмов и машин для валки деревьев.
2. Изучить технологические схемы разработки пасеки:
 - с применением бензиномоторной пилы (узкопасечная, среднепасечная, широкопасечная технологии);
 - с применением валочно-пакетирующей машины (одноленточный, двухленточный, трехленточный способы, схемы работы ВПМ);
 - с применением харвестера (при размещении волока на границе и посередине пасеки, с заездами на полупасеки, со вспомогательным коридором).
3. Произвести расчет сменной производительности бензопилы и валочно-пакетирующей машины на валке леса.
4. Описать основные положения по технике безопасности на валке для каждого вида оборудования.

СРЕДСТВА ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ВАЛКИ

Валка деревьев является первой основной операцией технологического процесса лесосечных работ. На лесозаготовках применяется валка с отделением ствола от корневой системы.

Валка дерева с отделением стволовой части от корневой системы - это обрабатывающая операция, включающая в себя два элемента: срезание дерева (отделение ствола от корневой системы), сталкивание (укладка) дерева в заданное положение. При механизированной валке для отделения ствола используются цепные

бензиномоторные и электромоторные пилы. Последние не нашли распространения из-за отсутствия эффективных источников электроэнергии на лесосеке. Сталкивание с пня стволовой части с кроной в заданном направлении может осуществляться ручным способом (вальщиком или его помощником с помощью валочных вилок, лопаток) и механизированным (приводимыми от двигателя бензопилы гидродомкратами и гидроклиньями).

Средством для механизированного срезания дерева служат переносные цепные пилы (рис.1.1), которые имеют привод от двигателя внутреннего сгорания или от электродвигателя. На лесосеках для срезания деревьев при валке, очистке деревьев от сучьев и раскряжевке хлыстов, а также при очистке лесосек и выполнении подготовительных работ используются бензиномоторные пилы.



Рис.1.1. Основные элементы современной бензиномоторной пилы

Техническая характеристика бензомоторных пил представлена в прил.1.

Часовая производительность при механизированной валке деревьев, м^3 , выражается формулой

$$П_ч = \frac{3600V_{хл}}{T_с}, \quad (1.1)$$

где $V_{хл}$ – средний объем хлыста, м³; $T_с$ – время цикла обработки одного дерева, с; 3600 – продолжительность часа в секундах, с.

Время цикла обработки одного дерева определяется по формуле

$$T = \frac{100}{v_{м.д}} \sqrt{\frac{V_{хл}}{qk_i}} + t_{н.р} + \frac{\pi d_c^2 K_p}{4П_{ч.н} \phi_{ч.н}} + t_{см.}, \quad (1.2)$$

где $v_{м.д}$ – скорость моториста при его движении между деревьями (0,3 – 0,8 м/с); q – средний запас леса, м³/га; k_i – доля вырубемого компонента; $t_{н.р}$ – время подготовки рабочего места ($t_{н.р} = 30 - 50$ с); d_c – диаметр в месте среза, м; K_p – коэффициент увеличения площади пропила за счет подпила ($K_p = 1,15 - 1,25$); $П_{ч.н}$ – производительность чистого пиления, м²/с ($П_{ч.н} = 0,006$ м²/с); $\phi_{ч.н}$ – коэффициент использования производительности чистого пиления ($\phi_{ч.н} = 0,5 - 0,6$); $t_{см.}$ – время сталкивания дерева с пня и его падение ($t_{см.} = 3 - 10$ с).

Сменная производительность при механизированной валке деревьев, м³, выражается формулой

$$П_{см} = П_ч T_{см} \phi_1, \quad (1.3)$$

где $П_ч$ – часовая производительность, м³; $T_{см}$ – время смены в часах, ч; ϕ_1 – коэффициент использования времени смены.

МАШИННАЯ ВАЛКА И ПАКЕТИРОВАНИЕ ДЕРЕВЬЕВ

В России и за рубежом получили применение валочно-пакетирующие машины манипуляторного типа (ВПМ). Они позволяют разрабатывать за один проход полосу леса шириной до 20 м (обычно 12 – 14 м), в значительной мере сохранять жизнеспособный подрост и при необходимости производить выборочную валку деревьев, спиливая с одного рабочего положения несколько деревьев. ВПМ манипуляторного типа состоит из базового трактора и навесного технологического оборудования, смонтированного на платформе, установленной на раме гусеничного или колесного шасси. Навесное технологическое оборудование предназначено для валки и пакетирования деревьев и состоит из основания, поворотной платформы, манипулятора захватно-срезающего устройства (ЗСУ), гидросисте-

мы и кабины оператора. Основной вид машины ВПМ ЛП-19А представлен на рис.1.2.

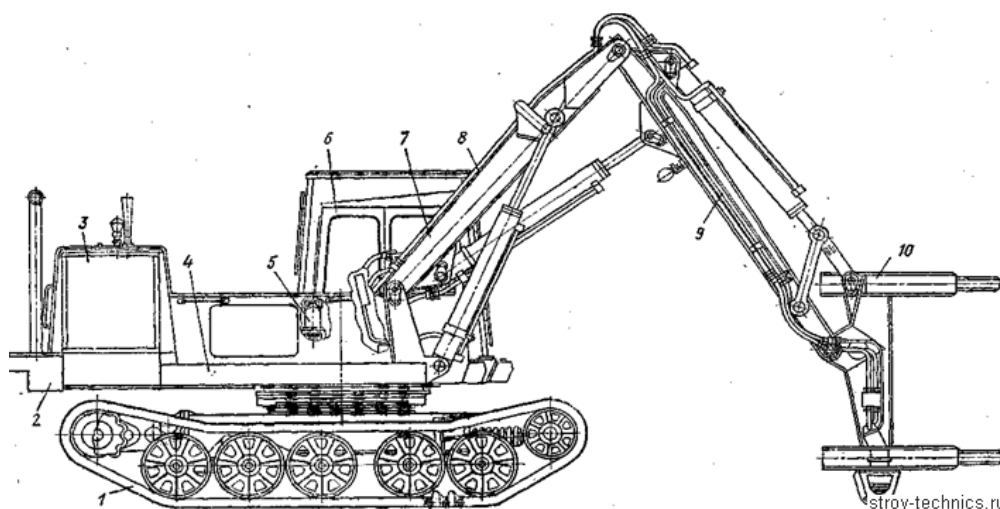


Рис.1.2. Валочно-пакетирующая машина ЛП-19А:

1 – гусеничная ходовая система; 2 – ограждение; 3 – силовая установка; 4 – поворотная платформа; 5 – механизм поворота; 6 – кабина оператора; 7 – стрела; 8 – гидрооборудование; 9 – рукоять; 10 – срезающее устройство

Технические характеристики современных ВПМ представлены в прил.2.

Часовая и сменная производительность ВПМ могут быть определены соответственно по формулам (1.1) и (1.3). Время цикла обработки одного дерева найдется из выражения:

$$T_{ВПМ} = t_{п.р} + t_{д.з.с.у} + t_{п.л}, \quad (1.4)$$

где $t_{п.р}$ – время перехода ВПМ на смежную рабочую позицию в расчете на одно дерево, с; $t_{д.з.с.у}$ – время наведения ЗСУ на дерево, захвата, срезания и укладки дерева в пачку, с; $t_{п.л}$ – время перехода машины между лентами в расчете на одно дерево, с.

$$t_{п.р} = \frac{10^4 V_{хл}}{\Delta q k_i v}, \quad (1.5)$$

где Δ – ширина ленты, м; v – скорость движения ВПМ по лесосеке, м/с.

$$t_{п.л} = \frac{C}{v n_l}, \quad (1.6)$$

где C – среднее расстояние перехода машины между лентами, м; n_l – число обрабатываемых деревьев на месте.

По исследованиям, для машин типа ЛП-19А $t_{\text{д.з.с.у}} = \alpha + \beta V_{\text{хл}} + \gamma V_{\text{хл}}^2$ зависит в основном от объема хлыста $V_{\text{хл}}$, м³, породы древесины и режима работы (выборочная рубка, с сохранением подроста, сплошная) ВПМ. Коэффициенты полинома α , β и γ определяются путем статистической обработки достаточного числа хронометражных наблюдений по каждому режиму. Для условий наших исследований: при сплошной рубке ели $\alpha = 21,1$, $\beta = 38,6$ и $\gamma = -20,5$; при одновременной обработке хвойных и лиственных пород $\alpha = 32,4$, $\beta = 41$ и $\gamma = 0$; при рубках с сохранением подроста соответственно для ели $\alpha = 38,8$, $\beta = 19,5$ и $\gamma = -16,5$; для хвойных и лиственных пород $\alpha = 39,1$, $\beta = 32,8$ и $\gamma = 0$.

Лабораторная работа 2

Обрезка сучьев: бензиномоторные пилы, сучкорезные машины

Цель работы – ознакомиться с технологической операцией обрезки сучьев.

Задания

1. Изучить по литературным данным и плакатам применяемое оборудование для очистки деревьев от сучьев.
2. Изучить и вычертить для заданной марки машин технологические схемы работы при обработке деревьев за комли, за вершины, при сортировке хлыстов, при укладке хлыстов и полухлыстов в разнокомелицу.
3. Произвести расчет сменной производительности механизмов и машин на обрезке сучьев.
4. Изучить основные способы утилизации порубочных остатков.
5. Описать основные положения техники безопасности при обрезке сучьев для каждого вида оборудования.

Для решения вопросов, связанных с обрезкой, необходимо иметь данные о числе сучьев, их размерах и размещении по стволу. Эти характеристики определяются в основном породами и размерами деревьев, они зависят также от бонитета и полноты насаждений.

Число сучьев. Из промышленных пород нашей страны наибольшее число сучьев имеет ель. Сучья у ели располагаются мутовками (по 4 – 6 сучков в мутовке), поэтому их число пропорционально размерам дерева или, точнее, диаметру ствола дерева. Однако эта пропорциональность сохраняется лишь до определенного диаметра (36 – 60 см), соответствующего возрасту, когда дерево прекращает заметный прирост в высоту. После этого число сучьев не только не увеличивается, а, наоборот, уменьшается за счет их отмирания. Что касается здоровых сучьев, то их число у ели колеблется от 50 до 280.

Значительно меньшим числом сучьев характеризуется сосна. Расположение сучьев у сосны также мутовчатое. Число их мало зависит от воз-

раста, так как, будучи светолюбивой породой, сосна сбрасывает нижние сучья. В среднем у сосны бывает 10 – 18 сучьев, если не считать сучья на удаляемой при обрубке части вершины. Примерно такое же, как и у сосны, число сучьев имеют основные лиственные породы – береза и осина. В среднем у них по 12 – 17 сучьев, и их число практически не зависит от диаметра дерева.

Расположение сучьев у основных лиственных промышленных пород не мутовчатое. Стволы лиственных деревьев, растущих в насаждении, в нижней части также хорошо очищены от сучьев.

Размеры сучьев. Сучья характеризуются следующими признаками: толщиной (диаметром у основания сука), длиной взаимно перпендикулярных осей среза, площадью среза, длиной сука.

Для ели характерны сучья небольшого диаметра, как правило, не больше 5 см. Средний размер сука 2,9 см. Толщина сучьев у ели, начиная с возраста спелости, практически не увеличивается. Исключение составляет ель, растущая не в насаждении или же при небольшой полноте насаждений, когда возможно увеличение толщины сучьев в нижней и центральной частях кроны до 7 – 9 см. У ели в отличие от других пород увеличивается не толщина сучьев, а их число, за счет чего обеспечивается прирост общей массы сучьев.

Сосна имеет более крупные сучья, при этом размеры их возрастают по мере увеличения диаметра дерева. Средний диаметр сучьев сосны 5 – 6 см. Иногда встречаются сучья диаметром до 15 см. Еще более крупные сучья имеет осина — в среднем 6– 8 см; иногда ее сучья достигают в диаметре 20 см, а пасынки 24 – 26 см.

Сучья березы несколько меньше, в среднем их диаметр составляет 5 – 6 см, однако встречаются сучья диаметром до 20 см.

Представляют интерес суммарные площади срезов, т. е. сумма площадей оснований всех сучьев, по которым произведена обрезка на стволе дерева при условии, что обрезка сделана заподлицо. Суммарная площадь среза на крупных деревьях (диаметром 56 см и более) всех пород почти одинакова – 0,3-0,4 м². У деревьев диаметром 32 см суммарная площадь среза составляет примерно 0,1 м². Что касается кривизны ствола, то в основных лесозаготовительных районах страны в подавляющем большинстве случаев участки стволов длиной 3 м имеют кривизну не более 8% (кривизна ствола определяется отношением стрелы прогиба образующей к длине искривленного участка и выражается в процентах). Сучкорезная машина должна качественно обрабатывать деревья с местной кривизной стволов до 15%.

МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ОБРЕЗКА СУЧЬЕВ

Для механизированной обрезки сучьев используют легкие бензиномоторные пилы с низкими рукоятками массой от 5...6 до 7...8 кг преимущественно импортного производства.

Технология обрезки сучьев. Во время обрезки сучьев бензиномоторной пилой дерево находится справа от моториста, который должен занять достаточно устойчивое положение. При любом расположении сучьев пилу держат не на весу, а продвигают по стволу, копируя шиной его поверхность. Подачу пилы на сучок осуществляют с обязательным касанием о ствол зубчатого упора или корпуса. Тонкие сучья срезают быстрым перемещением пилы вдоль ствола, при этом передвижение рабочего может быть различным. При рычажном методе с одного рабочего положения моторист срезает верхние и боковые сучья, расположенные на двух или на одной мутовке (рис. 2.1, а, б). В первом случае процесс обрезки сучьев состоит из шести, во втором случае – из трех приемов, повторяющихся на каждом рабочем месте. За каждый прием срезают один-два сучка, при этом изменяются положение пилы и тела моториста. Когда пила достигнет первого сука следующего цикла, моторист делает шаг вперед. Такой метод применяют при обрезке деревьев с мутовками (ели, пихты, сосны). Если расстояние между мутовками менее 70 см, цикл состоит из шести приемов, если более – из трех. При маятниковом способе (рис. 2.1, в) сучья срезают на длине 60... 80 см с одного рабочего положения моториста за четыре приема: сначала боковые сучья с левой стороны, затем верхние сучья с правой стороны, а потом, оставляя пилу на правой стороне, моторист перемещается на новое рабочее место. Этот метод применяют при обрезке многочисленных мелких сучьев и при мутовках неправильной формы. Толстые сучья обрезают индивидуально в зависимости от их размеров, наклона и места расположения (рис. 2.1, г). Нижние сучья срезают только после обрезки всех верхних и боковых сучьев и поворота ствола дерева.

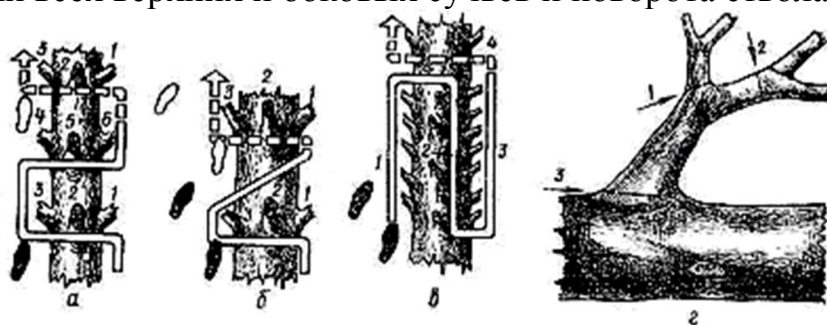


Рис. 2.1. Схемы обрезки сучьев бензопилами:

а – при 6-секционном способе; б – при 3-секционном способе; в – при маятниковом способе; г – срезание толстого сучка (цифрами обозначена последовательность срезания)

Часовая производительность на обрезке сучьев, m^3 , выражается формулой

$$P_{\text{ч}} = \frac{3600V_{\text{хл}}}{T_{\text{ос}}}, \quad (2.1)$$

где $V_{\text{хл}}$ – средний объем хлыста, м³; $T_{\text{ос}}$ – время на обрезку сучьев, с; 3600 – продолжительность часа в секундах, с

$$T_{\text{ос}} = t_{\text{н.д}} + t_{\text{в.д}} + t_{\text{с}}, \quad (2.2)$$

где $t_{\text{н.д}}$ – время перехода сучкоруба с бензопилой между деревьями;
 $t_{\text{в.д}}$ – время движения сучкоруба от комля до вершины дерева в процессе обрезки сучьев; $t_{\text{с}}$ – время срезания сучьев.

При обрезке сучьев у пня $t_{\text{н.д}}$ определяется по формуле

$$t_{\text{н.д}} = \left(100 \sqrt{\frac{V_{\text{хл}}}{qk_i}} \right) / v_{\text{м.д}}, \quad (2.3)$$

где q – средний запас леса, м³/га; k_i – доля вырубаемого компонента
 $v_{\text{м.д}}$ – скорость моториста при его движении между деревьями (0,3 – 0,8 м/с).

Если обрезка сучьев происходит на погрузочном пункте, то $t_{\text{н.д}} = 0$.

Время движения сучкоруба от комля до вершины дерева в процессе обрезки сучьев определяется по формуле

$$t_{\text{в.д}} = \frac{l_{\text{x}} - l_{\text{б}}}{v_{\text{с}}}, \quad (2.4)$$

где l_{x} , $l_{\text{б}}$ – длина соответственно хлыста и его бессучковой зоны, м;
 $v_{\text{с}}$ – скорость сучкоруба при его движении по лесосеке, м/с.

Время срезания сучьев определяется по формуле

$$t_{\text{с}} = \frac{f}{P_{\text{ч.н}} \phi_{\text{ч.н}}}, \quad (2.5)$$

где f – суммарная площадь среза сучьев на одном дереве, м², которая зависит от породы дерева и его диаметра на высоте груди (табл.2.1); $P_{\text{ч.н}}$ – производительность чистого пиления, м²/с ($P_{\text{ч.н}} = 0,006$ м²/с); $\phi_{\text{ч.н}}$ – коэффициент использования производительности чистого пиления.

Таблица 2.1

Суммарная площадь среза сучьев на дереве

Порода дерева	Суммарная площадь среза сучьев (м ²) при диаметре дерева на высоте груди, м						
	0,2	0,24	0,28	0,32	0,36	0,4	0,44
Ель	0,055	0,07	0,10	0,14	0,18	0,23	0,28
Береза, осина	0,035	0,05	0,075	0,10	0,13	0,15	0,17

Сменная производительность, м³

$$P_{\text{см}} = P_{\text{ч}} T_{\text{см}} \phi_1, \quad (2.6)$$

где $P_{\text{ч}}$ – часовая производительность, м³; $T_{\text{см}}$ – время смены в часах, ч; ϕ_1 –

коэффициент использования времени смены.

ОЧИСТКА ДЕРЕВЬЕВ ОТ СУЧЬЕВ МАШИНАМИ

Технические характеристики сучкорезных машин представлены в прил.3.

Самоходная сучкорезная машина ЛП-30Б предназначена для очистки деревьев от сучьев при выполнении этой операции в составе лесосечных работ – на погрузочном пункте. Она может работать также непосредственно на лесосеке.

Самоходная сучкорезная машина ЛП-30Б (рис. 2.2.) сконструирована на базе гусеничного трелевочного трактора ТДТ-55А.

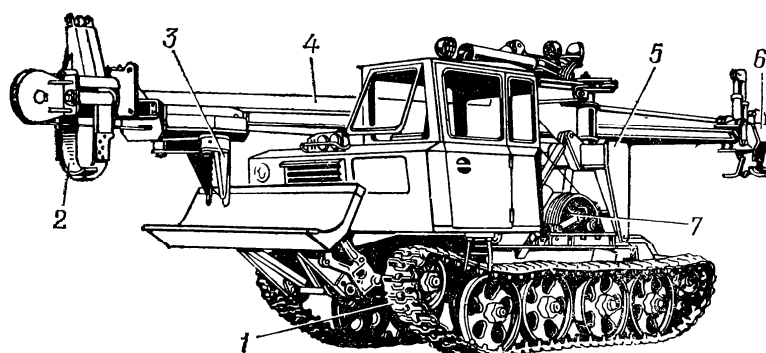


Рис. 2.2. Самоходная сучкорезная машина ЛП-30Г:

1 – трактор, 2 – приемная головка, 3 – захват, 4 – поворотная стрела, 5 – поворотный кронштейн с опорами, 6 –сучкорезная головка, 7 – лебедка, 8 – гидросистема

Технология разработки лесосек при использовании самоходных сучкорезных машин ЛП-30Б не имеет существенных отличий от обычной технологии, основанной на трелевке деревьев. Сучкорезные машины наиболее эффективно используются при разработке крупных лесосек (50 га и более).

Схемы перемещения сучкорезной машины на лесопогрузочном пункте представлены на рис. 2.3.

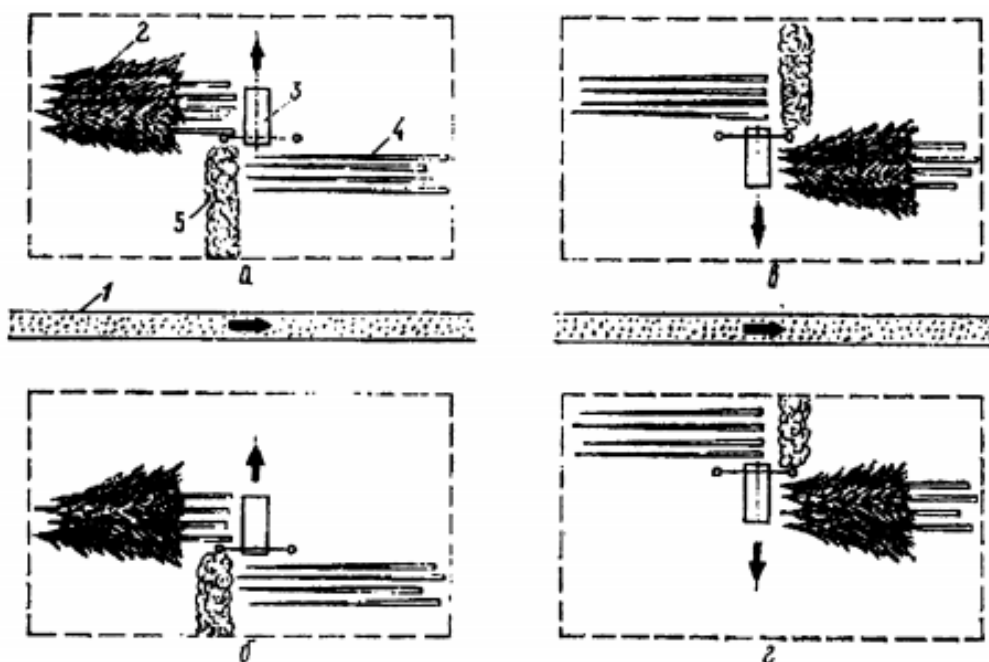


Рис. 2.3. Схемы перемещения сучкорезной машины на лесопогрузочном пункте:

а и б – при очистке деревьев от комля; *в и г* – при очистке деревьев от вершины;
1 – лесовозный ус (стрелкой показано направление вывозки хлыстов); 2 – штабель деревьев; 3 – сучкорезная машина (стрелками показано перемещение машины при обработке деревьев); 4 – штабель хлыстов; 5 – вал сучьев

Производительность сучкорезной машины при обрезке сучьев, м^3 , определяется по формуле

$$P_{см} = \frac{3600T\varphi_1 V_{хл}}{t_{ц}}, \quad (2.7)$$

где T – продолжительность рабочей смены, ч; φ_1 – коэффициент использования рабочего времени смены (0,8-0,9); $V_{хл}$ – средний объем хлыста, м^3 ; $t_{ц}$ – время обработки одного дерева, с.

$$t_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \quad (2.8)$$

где t_1 – время на подвод стрелы к дереву, с; t_2 – время на захваты дерева, с; t_3 – время проталкивания дерева, с; t_4 – время на открытие захвата, с; t_5 – время обратного хода каретки с захватом, с; t_6 – время на переезды сучкорезной машины от одной технологической стоянки к другой, с.

Время t_2 и t_4 зависит от количества захватов, приходящихся на одно дерево, которое определяется по формуле

$$n = \frac{l_x - l_0}{l_k}, \quad (2.9)$$

где l_x – длина хлыста, м; l_0 – длина части дерева, выступающей за габариты захвата, м; l_k – максимальный ход каретки, м. Полученное количество захватов n округляется в большую сторону.

Время протаскивания дерева и обратного хода каретки определяется соответственно:

$$t_3 = \frac{l_x - l_0}{v_p}; t_5 = \frac{nl_k}{v_x}, \quad (2.10)$$

где v_p и v_x – соответственно скорости протаскивания и обратного хода каретки с захватом, м/с.

В табл. 2.2 представлено время элементов цикла в расчете на одно дерево, по данным ЦНИИМЭ.

Таблица 2.2

Продолжительность элементов цикла, с, в расчете на одно дерево

Средний объем хлыста, м ³	Захват и подъем дерева	Протаскивание	Холостой ход захвата	Переезды вдоль штабеля	Итого
0,14-0,17	14	26	6	8	54
0,18-0,21	15	27	6	8	56
0,22-0,29	15	27	6	8	56
0,3-0,39	16	28	6	8	58

Исходные данные для выполнения работы представлены в табл. 2.3 и табл. 2.4.

Таблица 2.3

Исходные данные для расчета производительности при механизированной очистке деревьев от сучьев

Вариант	1	2	3	4	5	6
Диаметр на высоте груди, м	0,32	0,36	0,2	0,4	0,45	0,28
Средний объем хлыста, м ³	0,34	0,39	0,25	0,42	0,5	0,28
Средняя длина дерева, м	23	24	21	25	26	20
Место очистки от сучьев	у пня	на п/п	у пня	на п/п	у пня	на п/п

Таблица 2.4

Исходные данные для расчета производительности при машинной очистке деревьев от сучьев

Вариант	1	2	3	4	5	6
Машина	ЛП-	ЛП-	ЛП-	ЛП-	ЛП-	ЛП-

	30Г	33А	30Г	33А	33А	30Г
Диаметр на высоте груди, м	0,32	0,36	0,2	0,4	0,45	0,28
Средняя длина дерева, м	23	24	21	25	26	20
Средний объем хлыста, м ³	0,34	0,39	0,25	0,42	0,5	0,28

Лабораторная работа 3

Раскряжевка: цепные бензиномоторные пилы, сучкорезно-раскряжевные машины (процессоры)

Цель работы – ознакомиться с технологической операцией раскряжевки хлыстов.

Задания

1. Изучить по литературным данным и плакатам технологическое оборудование и назначение механизмов и машин для раскряжевки хлыстов.
2. Изучить и вычертить технологические схемы работы при раскряжевке хлыстов у пня и на погрузочном пункте.
3. Произвести расчет сменной производительности механизмов и машин на раскряжевке.
4. Описать основные положения по технике безопасности на раскряжевке для каждого вида оборудования.

В настоящее время существует три варианта механизированной раскряжевки хлыстов. По первому варианту, который выполняется в основном на верхнем складе, при трелевке хлыстов моторист бензопилы выполняет только раскряжевку без разметки.

По второму варианту работа выполняется на пасеке или на погрузочном пункте при трелевке деревьев, когда раскряжевка выполняется одновременно с обрезкой сучьев. Обрезку сучьев с раскряжкой у пня целесообразно совмещать при постепенных и выборочных рубках.

Третий вариант, когда раскряжевка совмещена с валкой и обрезкой сучьев, широко используется на рубках ухода за лесом, при невысоком среднем объеме хлыста (до 0,3 м³).

Часовая и сменная производительность при механизированной раскряжевке хлыстов могут быть определены соответственно по формулам (1.1) и (1.3). Время цикла раскряжки 1-го хлыста определяется из выражения

$$T_p = \frac{l_x}{v} + \left(\frac{l_x - l_v}{l_c} + 1 \right) \frac{\pi d_c^2 \rho}{4 \Pi_{ч.н} \phi_{ч.н}}, \quad (3.1)$$

где l_x – длина хлыста, м; l_v – длина вершины, м; l_c – средняя длина сортимента, м; v – скорость перемещения моториста вдоль ствола, м/с ($v = 0,1 - 0,3$ м/с).

При работе по второму варианту время цикла обрезки сучьев и раскряжки определяется по формуле

$$T_p = \frac{100 \sqrt{\frac{V_{хл}}{qk_i}}}{v_{м.д}} + \frac{f}{\Pi_{ч.н} \phi_{ч.н}} + \frac{l_x}{v} + \left(\frac{l_x - l_v}{l_c} + 1 \right) \frac{\pi d_c^2 \rho}{4 \Pi_{ч.н} \phi_{ч.н}}, \quad (3.2)$$

где $v_{м.д}$ – скорость движения моториста между деревьями, м/с ($v_{м.д} = 1 - 1,5$); $\phi_{чп} = 0,4$ и $\phi_{чн} = 0,5 - 0,6$ – коэффициент использования производительности чистого пиления бензопилы соответственно при обрезке сучьев и на валке и на раскряжевке; $\rho = 1,15 - 1,25$ – на валке, $\rho = 1,05 - 1,07$ – на раскряжевке.

При выполнении операций на погрузочном пункте первый член многочлена (3.2) равен нулю.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРЕЗКИ СУЧЬЕВ И РАСКРЯЖЕВКИ ХЛЫСТОВ СУЧКОРЕЗНО-РАСКРЯЖЕВОЧНЫМИ МАШИНАМИ (ПРОЦЕССОРАМИ)

Схема работы СРМ показана на рис. 3.1. Параллельно комлевой части штабеля деревьев 1 устанавливается СРМ 2. При помощи гидроцилиндра 3 стрела машины 6 переводится из транспортного

(параллельно оси машины) в рабочее (перпендикулярно оси) положение. Под действием гидроцилиндра 4 стрела с раскрытыми сучкорезными ножами 12 наводится на очередное дерево. При закрытии ножей комлевая часть ствола захватывается и приподнимается. Поворотом стрелы в вертикальной плоскости достигается соосность между стволом и стрелой в то время, как комель попадает в захваты протаскивающего устройства. Включением протаскивающего механизма ствол подается по стреле на длину, обеспечивающую откомлевку, которая выполняется включением механизма привода и подачи пилы 11.

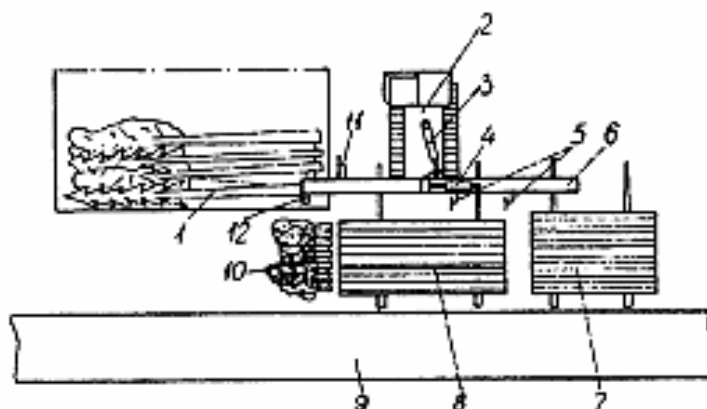


Рис. 3.1. Схема работы сучкорезно-раскряжевочной машины ЛО-120 на верхнем лесоскладе:

1 – деревья; 2 – машина; 3, 4 – гидроцилиндры; 5 – упор; 6 – стрела машины; 7, 8, 10 – штабеля; 9 – дорога; 11 – механизм привода пилы;
12 – ножи

Далее машинист СРМ задает одну из двух длин выпиливаемого сортамента путем поворота в вертикальной плоскости одного из упоров 5 и включает механизм протаскивания. В это время дерево очищается от сучьев. Расстояние от плоскости пилы до упора есть длина отпиливаемого сортамента. После протаскивания на эту длину механизм протаскивания отключается и включается в работу пильный механизм, осуществляя очередной пропил. Сортаменты, выпиливаемые из комлевой части ствола, сбрасываются в штабель 8, а из тонкомерной (диаметром менее 14 см) - в штабель 7. Для этого каретка протаскивающего механизма вместе с отпиленным отрезком перемещается в конец стрелы. Регулировка длин выпиливаемых сортиментов осуществляется перестановкой упоров вдоль стрелы. Вершинки и сучья остаются в штабеле 10. После работы СРМ на лесопо-

грузочном пункте переработку лесосечных отходов на щепу может произвести самоходная дробильная машина. Погрузку сортиментов из штабелей 7 и 8 могут осуществлять самопогружающиеся поезда, располагающиеся на лесовозной дороге 9.

При раскряжевке пачек деревьев, вытрелеванных на верхний склад, процессором (рис. 3.2) машина перемещается вдоль щети деревьев со стороны комлей. Выпиливаемые сортименты укладываются с другой стороны от процессора с созданием погрузочных пакетов одноименных сортиментов.

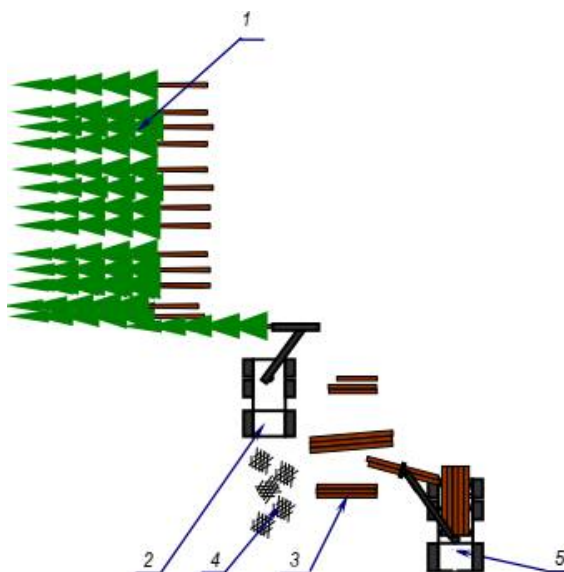


Рис. 3.2. План верхнего склада при раскряжевке леса одномодульным харвестером с вылетом манипулятора менее 7 м или одномодульным процессором:

1 – штабель деревьев; 2 – процессор; 3 – пакеты сортиментов; 4 – вал сучьев; 5 – форвардер

Технические характеристики сучкорезно-раскряжевых машин представлены в прил. 4.

Часовая и сменная производительности при машинной раскряжевке хлыстов могут быть определены соответственно по формулам (1.1) и (1.3). Время цикла очистки дерева от сучьев и раскряжевки хлыста сортимента определяется из выражения

$$T = t_{н.з.с} + \frac{l_x - l_3}{v_p} + \frac{l_x - l_3}{v_x} + \frac{nd}{u} + \frac{V_{хл}}{l_x h_{ш} \Delta_{ш} v} + \frac{V_{хл} (t_{y.m.p} + \frac{l_{ш}}{v})}{l_x h_{ш} \Delta_{ш} v}, \quad (3.3)$$

где $t_{н.з.с}$ – время наведения сучкорезной головки (СГ) на дерево, закрытия ножей СГ, достижения соосности между стрелой и стволом

($t_{н.з.с} = 15 - 25$), с; l_x - длина хлыста, м; l_3 - расстояние от комля до места захвата дерева СГ ($l_3 = 2 - 4$), м; v_p и v_x - скорости протаскивающего механизма соответственно в рабочем и холостом направлениях, м/с; n - число пропилов на 1 хлыст; u - скорость подачи механизма пиления, м/с; $h_{ш}$, $l_{ш}$ - высота и длина штабеля деревьев ($h_{ш} = 0,8 - 1,2$), м; $\Delta_{ш}$ - коэффициент полнодревесности штабеля деревьев; v - скорость СРМ при перемещении по верхнему лесоскладу, м/с; $t_{у.м.р}$ - время установки технологического оборудования из транспортного положения в рабочее и наоборот ($t_{у.м.р} = 100 - 140$), с; $l_{ш}$ - расстояние между штабелями деревьев.

Лабораторная работа 4

Трелевка древесины тракторами: трактора с тросочоковой оснасткой, с манипулятором, скиддеры

Цель работы – ознакомиться с технологической операцией трелевки.

Задания

1. Изучить по литературным данным и плакатам технологическое оборудование и назначение машин для трелевки.
2. Изучить и вычертить технологические схемы работы машин.
3. Рассчитать нагрузку на рейс трелевочной машины.
4. Произвести расчет сменной производительности на трелевке.
5. Описать основные положения по технике безопасности при трелевке.

Трелевка - это технологическая операция лесосечных работ, при которой деревья, хлысты и(или) сортименты перемещают от места валки до лесопогрузочного пункта или лесовозной дороги. Трелевку леса осуществляют по технологическим волокам или лесным технологическим коридорам. **Трелевочный волок** (сокращенно волок) – это простейший путь, по которому осуществляется трелевка. Выделяют два типа трелевочных волоков: магистральный - это волок, соединяющий лесопогрузочный пункт с несколькими пасечными волоками; пасечный - это трелевочный волок, расположенный в пределах пасеки. Трелевка является основным звеном в технологическом процессе лесосечных работ, так как связывает операции, выполняемые на лесосеке и лесопогрузочном пункте (верхнем складе). Она является одной из наиболее трудоемких и энергоемких операций лесосечных работ.

Технические характеристики трелевочных тракторов представлены в

прил. 5.

Часовая производительность трелевочного трактора с тросочерной оснасткой (ТДТ-55, ТТ-4) (рис. 4.1) определяется по формуле

$$\Pi_{\text{ч}} = \frac{3600M}{t_{\text{px}} + t_{\text{xx}} + t_{\text{форм}} + t_{\text{разг.}} + t_{\text{шт}}}, \quad (4.1)$$

где M - объем трелеваемой пачки, м^3 ; t_{px} , t_{xx} , $t_{\text{форм.}}$, $t_{\text{разг.}}$, $t_{\text{шт}}$ - время соответственно рабочего хода, холостого хода, формирования пачки, разгрузки воя, формирования штабеля. Время рабочего и холостого ходов определяется по формуле

$$t_{\text{px}} = \frac{L_{\text{mp}}}{v_{\text{px}}}, \quad t_{\text{xx}} = \frac{L_{\text{mp}}}{v_{\text{xx}}}, \quad (4.2)$$

где v_{px} , v_{xx} - скорость рабочего и холостого ходов, м/с ; L_{mp} - расстояние трелевки, м . Время формирования воя определяется по формуле

$$t_{\text{форм}} = 5,0 + 0,4 \frac{M}{V_{\text{хл}}} + \frac{175M}{q} \quad (4.3)$$

и время разгрузки и отцепки чокеров

$$t_{\text{разг}} = 1,6 + 0,06 \frac{M}{V_{\text{хл}}} + 0,5M, \quad (4.4)$$

где $V_{\text{хл}}$ - объем хлыста, м^3 ; q - запас на 1 га, м^3 .

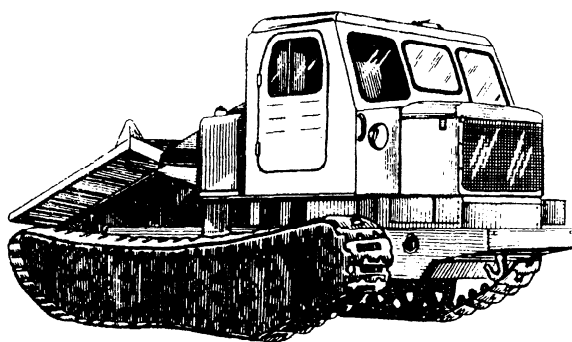


Рис.4.1. Трелевочный трактор ТТ-4

Гусеничные трелевочные тракторы с манипулятором ТБ-1 и ТБ-1М-15 (рис. 4.2) состоят из следующих основных узлов: рамы (1), ходовой системы (2), толкателя (3), кабины (4), двигателя (5), гидроманипулятора (6), клещевого захвата и зажимного коника (7). Трелевочный трактор ТБ-1М-15 является модификацией трелевочного трактора с манипулятором ТБ-1М и разработан на шасси трактора ТЛТ-100-06.

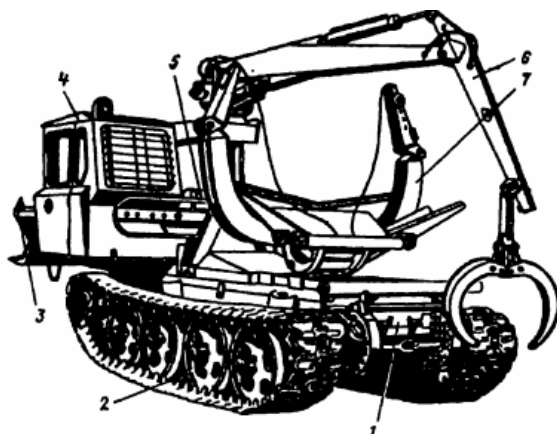


Рис. 4.2. Бесчokerный трелевочный трактор ТБ-1:
1 – рама; 2 – ходовая система; 3 – толкатель; 4 – кабина; 5 – двигатель;
6 – гидроманипулятор; 7 – зажимной коник

Сменная производительность ($P_{см}$) тракторов с гидроманипулятором (ТБ-1, ТБ-1М-15) на трелевке деревьев (хлыстов) после валки бензопилами определяется по формуле

$$P_{см} = P_ч(T_{см} - t_{пз} - t_{отд} - t_{mn}), \quad (4.5)$$

где $P_ч$ – часовая производительность, $м^3/ч$; $t_{пз}$ – время на подготовительно-заключительные работы, ч; $t_{отд}$ – время на отдых, ч; t_{mn} – время на технологические перерывы, ч.

Часовая производительность определяется по формуле

$$P = \frac{3600Q_n}{T_ц}, \quad (4.6)$$

где Q_n – объем пачки, $м^3$.

Объем пачки деревьев, которую можно погрузить в коник, определяется по формуле

$$Q_n = \frac{S_k k_n 4q}{\pi d^2},$$

где S_k – площадь поперечного сечения коника, $м^2$; q – объем дерева, $м^3$; d – диаметр дерева, м; k_n – коэффициент полндревесности.

При площади сечения коника тракторов ТБ-1 и ТБ-1М-15 $1,1 м^2$ и коэффициенте полндревесности 0,6 максимальный объем пачки по вместимости коника:

для 1-го разряда высот $Q_n = 7,59 м^3$;

для 2-го разряда высот $Q_n = 4,51 м^3$.

При трелевке деревьев за вершины вместимость коника не является ограничением, поэтому объем трелеваемых пачек на 30-40% больше, чем при трелевке за комли. В табл. 4.1. приведены приемы, составляющие технологический цикл тракторов ТБ-1 и ТБ-1М-15 и их продолжительность.

Таблица 4.1

Приемы технологического цикла тракторов ТБ-1 и ТБ-1М-15

Прием	Продолжительность, с	Примечание
Наводка захвата	6	-
Захват дерева	3	-
Укладка в коник	6 – 20	Зависит от объема хлыста
Закрытие коника	4	-
Переезд на следующую стоянку	10	-
ТБ-1		
Укладка в коник	14	Объем хлыста 0,3-0,4 м ³
Затраты на одно дерево	37	-
ТБ-1М-15		
Затраты на одно дерево	32	-

Время холостого и грузового хода зависит от расстояния трелевки и скорости движения трактора. Скорость движения тракторов ТБ-1 и ТБ-1М-15 при среднем расстоянии трелевки 150 м составляет в грузовом направлении 0,6 м/с, в порожнем – 0,8 м/с, с учетом времени на маневрирование.

В производственных условиях фактические рейсовые нагрузки, как правило, меньше расчетных.

Большое значение имеет правильная организация разработки лесосеки, направление волоков; расположение погрузочной площадки должно обеспечивать трелевку в наиболее благоприятных рельефных и почвенно-грунтовых условиях. Необходимо также, чтобы длина пачек была кратна длине лент набора пачек, близких по объему к расчетным. Принимаем коэффициент использования грузоподъемности 0,9.

Ввиду того что грузоподъемность тракторов используется в этом случае не полностью, принимаем объем пачек, допустимый по условиям сцепления, т.е. 5,0 м³ и 3,5 м³.

При наборе пачек после ВПМ рейсовая нагрузка также лимитируется описанными ранее ограничениями, имеющими место при трелевке после валки бензопилами (по вместимости коника, по сцеплению, по тяговому усилию).

Скорости движения трактора в грузовом и порожнем направлениях, время разгрузки и штабелевки те же, что и при трелевке после валки бензопилами.

Значительно сокращается время набора воза из пачек, сформированных ВПМ. Это связано с тем, что набор воза осуществляется с двух-трех стоянок, время на переезды при наборе пачек снижается в три-четыре раза, погрузка производится на минимальном вылете манипулятора из удобного положения, что сокращает время наводки и погрузки, и, что особенно важно, за каждый цикл грузится несколько деревьев.

Проведенные хронометражные наблюдения показывают, что суммарное время цикла на погрузку одного дерева не превышает у трактора ТБ-1М-15 – 15 с, а у трактора ТБ-1 – 19 с.

Гусеничные тракторы-пачкоподборщики, разработанные на базе тракторов повышенной проходимости, по проходимости значительно превосходят тракторы-пачкоподборщики с колесным двигателем. Эти машины предназначены для работы в тяжелых природно-производственных условиях (глубокий снег, грунт с низкой несущей способностью) и не имеют зарубежных аналогов.

Технологическое оборудование тракторов ЛТ-89Б (рис. 4.3) и ЛТ-230 имеет следующие перемещения: опускание и подъем стрелы с помощью гидроцилиндров (1), закрытие и открытие захвата с помощью гидроцилиндров (2), подтягивание захвата и зажим пачки с помощью лебедки (3), свободное раскачивание и повороты захвата (4).

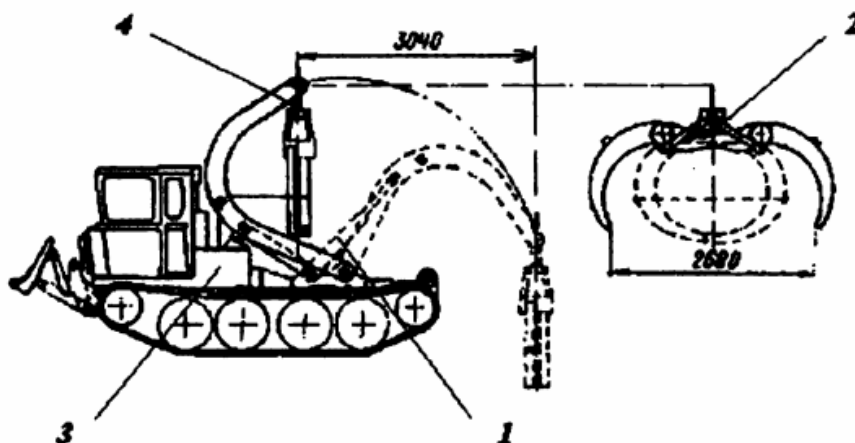


Рис. 4.3. Пачкоподборщик (скиддер) ЛТ-89Б:

1 – гидроцилиндр; 2 – захват; 3 – лебедка; 4 – повороты захвата

Сменная производительность ($P_{см}$) на трелевке пачкоподборщиками (скиддерами) (ЛТ-89Б, ТБ-1М-30, ТЛК-4-01, ЛТ-135, ЛТ-230) определяется по формуле

$$P_{см} = P_{ч}(T_{см} - t_{нз})f_l, \quad (4.7)$$

где $P_{ч}$ – часовая производительность на трелевке, $m^3/ч$; $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; $t_{нз}$ – время на подготовительно-заключительные операции, ч; f_l – коэффициент использования времени смены.

Часовая производительность подборщика определяется по формуле

$$П_ц = \frac{3600Q_n}{T_ц}, \quad (4.8)$$

где Q_n – расчетная рейсовая нагрузка, м³.

Время цикла определяется следующим образом:

$$T_ц = t_{xx} + t_{px} + t_{форм} + t_{разг} + t_m, \quad (4.9)$$

где t_{xx} , t_{px} – время движения в холостом и грузовом направлениях, с; $t_{форм}$ – время формирования пачки, с; $t_{разг}$ – время на разгрузку и штабелевку, с; t_m – время маневрирования, с.

Время формирования пачки, разгрузки и штабелевки, маневрирования, скорости движения в грузовом и порожнем направлениях, получают в результате хронометражных наблюдений.

Лабораторная работа 5

Погрузка древесины: челюстные и фронтальные погрузчики, самопогружающиеся автопоезда

Цель работы – ознакомиться с технологической операцией погрузки древесины.

Задания

1. Изучить по литературным данным и плакатам технологическое оборудование и назначение машин для погрузки древесины на лесовозный транспорт.
2. Изучить и вычертить технологические схемы погрузки лесоматериалов челюстными, фронтальными погрузчиками и самопогружающимися автопоездами.
3. Произвести расчет сменной производительности на погрузке древесины.
4. Описать основные положения по технике безопасности при погрузке древесины.

Погрузка древесины (леса) – это комплекс операций по захвату, вертикальному и горизонтальному перемещению и укладке деревьев, хлыстов или сортиментов на транспортные средства.

На погрузочном пункте применяются специализированные самоходные лесопогрузочные машины (СЛПМ). По типу применяемого технологического оборудования СЛПМ следует разделить на стреловые с челюстным захватом и на манипуляторные с грейферным захватом. СЛПМ с челюстным захватом бывают фронтального и перекидного типа и манипуляторные - поворотного типа.

Лесопогрузчики перекидного типа обеспечивают поворот грузо-

захватного устройства с грузом в вертикальной плоскости на угол, близкий к 180° . Груз переносится через погрузчик, что способствует сокращению цикла погрузки или штабелевки. Такой лесопогрузчик лучше удовлетворяет условиям работы на лесосеке. Челюстной лесопогрузчик ЛТ-65Б (рис. 5.1) имеет базовый трактор ТТ-4М, с которого сняты погрузочный щит, раздаточная коробка с лебедкой и гидравлическая система управления щитом. Технологическое оборудование лесопогрузчика состоит из рамы, механизмов подъема и захвата груза, гидросистемы.

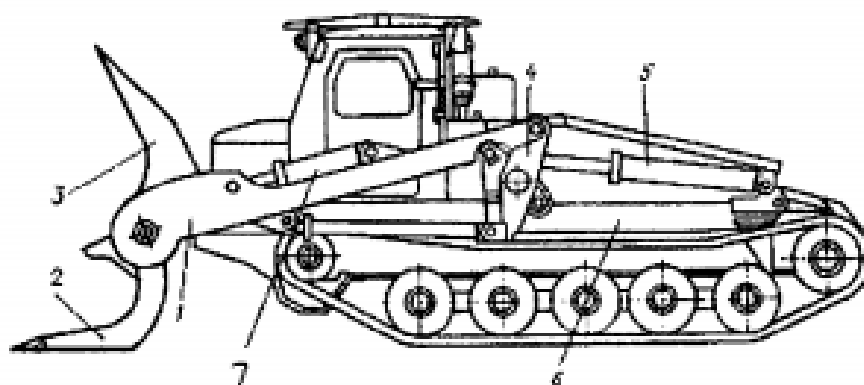


Рис.5.1. Челюстной лесопогрузчик ЛТ-65Б:

1 – стрела; 2 – поворотная челюсть; 3 – неподвижная стойка; 4 – поворотное основание; 5 – гидроцилиндр; 6 – рама; 7 – гидроцилиндр

Процесс погрузки челюстным лесопогрузчиком включает следующие основные операции: подготовку подвижного состава к погрузке, передвижение к штабелю, захват и формирование пачки; перемещение пачки к месту погрузки; укладку пачки и выравнивание хлыстов (деревьев) на подвижном составе; переезды лесопогрузчика от одного лесопогрузочного пункта к другому.

Погрузчик-штабелер ЛТ-72А (рис. 5.2.) представляет собой гусеничное шасси трактора 7, на котором размещается поворотный круг 2 и поворотная платформа 3 с двигателем и кабиной оператора. На платформе шарнирно закреплена стрела 5 с рукоятью 7, которые приводятся в движение гидроцилиндрами 4 и 6. К рукояти также шарнирно навешивается гидрорулеваемый захват 8.

ЛТ-72А предназначен для погрузки круглых лесоматериалов на транспортные средства, включая вагоны МПС, выгрузки с лесовозного транспорта и штабелевки древесины.

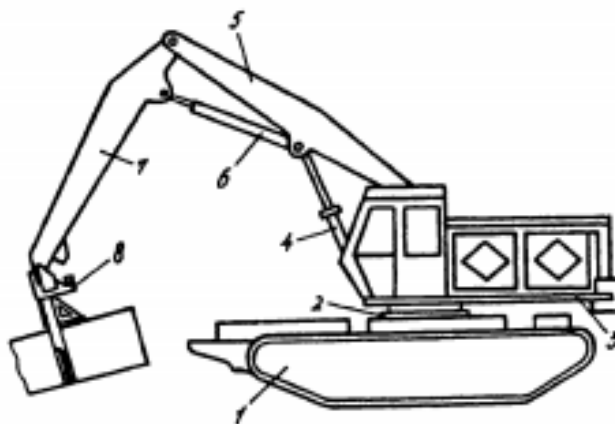


Рис. 5.2. Погрузчик-штабелер ЛТ-72А:

1 – шасси; 2 – поворотный круг; 3 – поворотная платформа; 4, 6 – гидроцилиндры; 5 – стрела; 7 – рукоять; 8 – захват

Самопогружающиеся автопоезда могут быть использованы для погрузки, вывозки и разгрузки деревьев, хлыстов, полухлыстов и сортиментов. Лесовозные автопоезда, оборудованные гидроманипуляторами (рис. 5.3), более совершенны, так как исключают применение ручного труда. Гидроманипуляторы легко монтируются и демонтируются, могут быть установлены за кабиной, в задней части автомобиля или на отдельной консоли. В последнем случае гидроманипулятор может быть съемным и устанавливаться на автопоезд только на время погрузки. Наиболее распространенными и отработанными конструкциями являются рычажные шарнирно-сочлененные гидроманипуляторы.

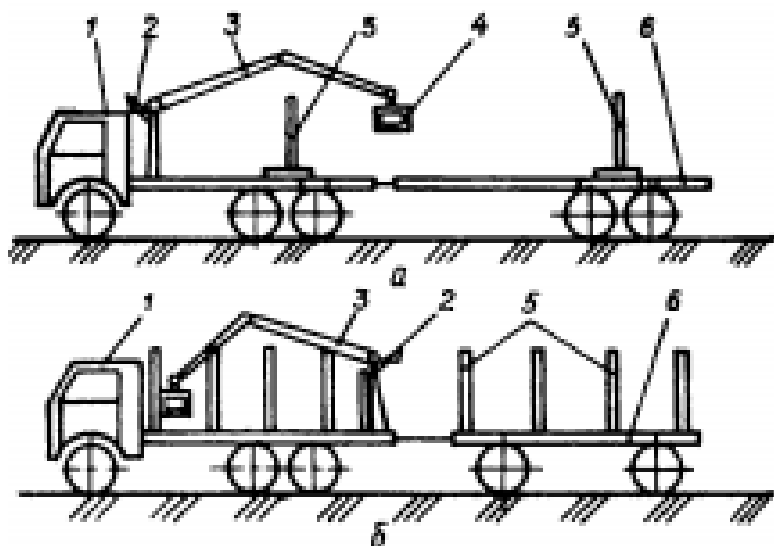


Рис. 5.3. Схемы самопогружающихся автопоездов:

а – для вывозки хлыстов; *б* – для вывозки сортиментов; 1 – автомобиль; 2 – пульт управления; 3 – манипулятор; 4 – грейфер; 5 – стойки; 6 – полуприцеп

На свободном конце манипулятора крепится челюстной захват грейферного типа радиальный. Это обеспечивает возможность захвата как короткомерных, так и длинномерных лесоматериалов. Манипулятор может быть оборудован грейфером для сыпучих и других грузов: щепы, древесной зелени, сучьев.

Технические характеристики лесопогрузочных машин представлены в прил. 6.

Часовая производительность на погрузке древесины вычисляется по формуле

$$П_ч = \frac{3600M}{T_ц}, \quad (5.1)$$

где M – объем погружаемой, переносимой за один прием древесины.

Время цикла обработки одного (хлыста, бревна) или группы (хлыстов, бревен) $T_ц$, с, находится по формуле

$$T_ц = t_{з.н} + t_{и.л} + t_{о.в} + t_{л.и} + t_{з.м}, \quad (5.2)$$

где $t_{з.н}$ – время захвата и подъема груза, с; $t_{и.л}$ – время доставки груза от места захвата (штабеля) до места укладки (лесовоза), с; $t_{о.в}$ – время опускания груза и его выравнивания на месте укладки (штабель, грузовой отсек), с; $t_{л.и}$ – время возврата рабочего органа или самой машины от места укладки (лесовоз) к месту захвата (штабель), с; $t_{з.м}$ – время на замену лесовозного транспорта в расчете на единицу погружаемого объема, с. Время $t_{з.н}$ и $t_{о.в}$ следует определить в процессе хронометражных наблюдений.

Для СЛПМ с челюстным захватом на стреле $t_{3.n} = 60 - 70$ с, $t_{o.в} = 60 - 80$ с.

При работе по схемам (рис. 5.3, а и 5.3, б) время $t_{и.л}$ и $t_{л.и}$ определяют соответственно по формулам

$$t_{и.л} = \frac{2 \left(l_1 + \frac{l_3}{2} \right)}{v_{cp}}; \quad (5.3)$$

$$t_{л.и} = 2 \frac{\varphi}{\omega_{cp}}, \quad (5.4)$$

где v_{cp} – средняя скорость перемещения СЛПМ от штабеля к лесовозу и обратно, м/с; ω_{cp} – угловая скорость поворота платформы манипуляторной СЛПМ, рад/с; φ – угол поворота платформы СЛПМ при доставке груза, рад; l_1 – расстояние от лесовозной дороги до штабеля за вычетом длины СЛПМ, м; l_3 – длина штабеля, м.

$$t_{n.c} = \frac{M}{M_{n.c}} t_{y.n}, \quad (5.5)$$

где M – объем погружаемой и переносимой за один прием древесины, м³; $M_{n.c}$ – нагрузка на рейс лесовоза, м³; $t_{y.n}$ – время убытия груженого и прибытия порожнего лесовоза на место погрузки.

$$M = G \frac{\varphi_3}{\gamma}, \quad (5.6)$$

где G – грузоподъемность СЛПМ, кН; φ_3 – коэффициент использования грузоподъемности ($\varphi_3 = 0,6 - 0,8$); γ – объемный вес погружаемой древесины, кН/м³.

Лабораторная работа 6

Сортиментная технология лесозаготовок многооперационными машинами

1. Изучить по литературным данным, плакатам и видеоматериалам технологическое оборудование и назначение машин для сортиментной заготовки:

- 1.1. ВПМ+Скиддер+Процессор
- 1.2. Харвестер+Форвардер
- 1.3. Форвестер

2. Изучить и вычертить технологические схемы разработки пасек.

3. Произвести расчет сменной производительности харвестера и форвардера.

4. Описать основные положения по технике безопасности при работе на многооперационных лесозаготовительных машинах с процессорным управлением.

При сортиментной технологии заготовок может использоваться система машин на базе ВПМ, включающая в себя скиддер и процессор. Деревья валят и пакетируют в пачки нужного размера валочно-пакетирующей машиной (feller-buncher). Валочно-пакетирующие машины делятся на два основных типа. У машин типа Drive-to-tree валочная головка установлена - непосредственно на каркасе машины. Машины типа Swing-to-tree имеют гусеничную базу и манипулятор с мощной валочно-пакетирующей головкой. Трелевку обычно производят колесными трелевочными тракторами-скиддерами с захватом (grapple skidder), иногда скиддерами с кониковым зажимным устройством (clambunk skidder), имеющими отдельный манипулятор для его загрузки. На верхнем складе применяется сучкорезно-раскряжевая машина (delimber-slasher. processor).

Харвестер (harvester) выполняет следующие операции: валка дерева, обрезка сучьев и раскряжевка стволов.

Харвестеры предназначены для выполнения различных видов рубок ухода и рубок спелых и перестойных насаждений. Они подразделены по своему назначению на три группы (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Классификация харвестеров по назначению

№ группы	Назначение	Модели харвестерных машин
1	Выполнение прореживания, проходных рубок и сплошных рубок древостоев с диаметром деревьев до 30 см	<ul style="list-style-type: none"> ▪ John Deere (1070e, 1170e) ▪ Komatsu (901, 901TX.1) ▪ Ponsse (Beaver, Fox, Ergo, Scorpion) ▪ Амкодор (2531, 2541, 2551)
2	Выполнение проходных рубок и сплошных рубок древостоев с диаметром деревьев до 50 см	<ul style="list-style-type: none"> ▪ John Deere (1270e) ▪ Komatsu (911, 911.5, 931, 931.1) ▪ Ponsse (Bear, Ergo, ScorpionKing) ▪ Амкодор (2551)
3	Выполнение сплошных рубок	<ul style="list-style-type: none"> ▪ John Deere (1470e) ▪ Komatsu (941.1, 951) ▪ Ponsse (Bear, Ergo, ScorpionKing)

Технические характеристики современных отечественных и зарубежных харвестеров представлены в прил. 7-8.

В настоящее время большое применение для выполнения сортиментных технологий получили колесные погрузочно-транспортные машины

(**форвардеры**), работающие по челночному методу, доставляя сортименты с лесосеки к автодороге или непосредственно потребителю. Изготовителями форвардеров являются те же фирмы, что выпускают харвестеры. Параметры наиболее распространенных форвардеров последнего поколения, полученные на основании обработки данных литературных источников, представлены в прил. 9-10. С учетом того, что форвардеры являются транспортными машинами большой грузоподъемности, их ходовые системы выполнены в шести или восьмиколесных вариантах. Но встречаются еще и с колесной формулой 4х4. По грузоподъемности данные машины можно разделить на три группы (табл. 6.2). Первую группу составляют форвардеры грузоподъемностью 5 – 10 т, вторую – с 10 до 14 т и третью – свыше 14 т.

Таблица 6.2

Группирование форвардеров по грузоподъемности

№ группы	Грузоподъемность, т	Модели форвардов
1	До 10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ponsse (Gazelle) ▪ Амкодор (2631, 2641)
2	С 10 до 14	<ul style="list-style-type: none"> ▪ John Deere (1010E, 1110E, 1210E) ▪ Komatsu (835, 855.1) ▪ Ponsse (Wisent, Elk, Buffalo) ▪ Амкодор (2661-01, 2662, 2662-01)
3	Свыше 14	<ul style="list-style-type: none"> ▪ John Deere (1510E, 1910E) ▪ Komatsu (865, 895) ▪ Ponsse (BuffaloKing, Elephant, ElephantKing) ▪ Амкодор (2682-01)

В ряде случаев всю заготовку можно выполнить одной машиной. Эта комбинированная машина, или **лесной комбайн** (harwarder), способна не только заготовить, но и вывезти заготовленную древесину. Примером может служить **Ponsse BuffaloDual** – многофункциональная машина, отлично подходящая для небольших делянок и для рубок прореживания. Эта машина легко трансформируется из харвестера в форвардер и обратно за считанные минуты (рис. 6.1).



Рис.6.1. Харвердер Ponsse BuffaloDual

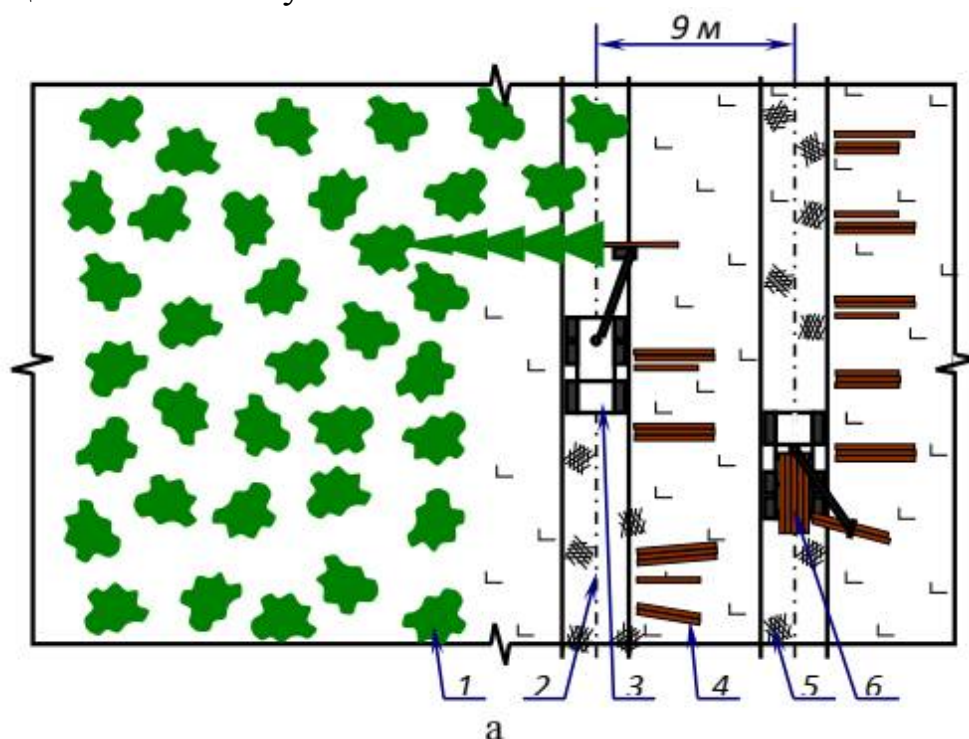
СХЕМЫ РАЗРАБОТКИ ПАСЕК СИСТЕМОЙ МАШИН, ВКЛЮЧАЮЩЕЙ ХАРВЕСТИЕР И ФОРВАРДЕР

При разработке пасеки системой машин «харвестер – форвардер» волок располагается посередине пасеки или по ее границе. Технология разработки пасеки при размещении волока по границе пасеки (рис. 6.2, а) применяется для проведения сплошных рубок при отсутствии под пологом насаждения хвойного подроста или второго яруса. Так как при этой технологии на волоке укладывается меньший объем порубочных остатков, чем при других схемах, то требуется хорошая несущая способность грунтов. Разработка ведется на одной полупасеке одновременно с разрубкой волока. Деревья валят на стену леса в направлении, перпендикулярном волоку, выпиленные сортименты пакетируют на площади, вырубленной с предыдущего волока. Сучья укладываются на волок. Наличие свободной площади для укладки пакетов сортиментов упрощает работу оператора харвестера. Технология разработки пасек с размещением волока на ее середине (рис. 6.2, б) применяется для проведения рубок с сохранением подроста или на участках, где требуется увеличить несущую способность волока укладкой на него большего количества порубочных остатков, чем в технологии с волоком, расположенным на границе пасеки.

Технология с заездами на полупасеки может рассматриваться как вариант технологии с волоком посередине пасеки, с увеличенной шириной пасеки до двух эффективных вылетов манипулятора (рис. 6.3). При этом несколько снижается производительность в связи с затратами времени на заезды. Шаг примыкания заездов к волоку с каждой его стороны составляет около четырех эффективных вылетов манипулятора. Заезды на смежных полупасеках смещены на половину шага примыкания, что обеспечивает досягаемость всех деревьев на смежных полупасеках. Длина заездов при этом составляет до полутора длин эффективного вылета манипулятора и

выполняется криволинейной, что обеспечивает плавное примыкание к волоку.

Вариант со вспомогательным коридором (импровизированным волоком, рис. 6.4), на котором работает только харвестер, позволяет уменьшить общую длину пасечных волоков на лесосеке. Форвардер, на который приходится основная часть повреждений почвы, подроста и оставляемого древостоя, работает лишь на волоках, удаленных друг от друга на расстояние примерно 3,5 эффективных вылета манипулятора. При работе харвестера во вспомогательном коридоре, как и на волоке, выполняется весь цикл операций: валка, обрезка сучьев, раскряжевка и пакетирование, однако пакеты сортиментов при этом укладываются на максимальном удалении от машины. Этим обеспечивается доступность пакетов, сформированных харвестером, при работе во вспомогательном коридоре для манипулятора форвардера, перемещающегося по волоку.



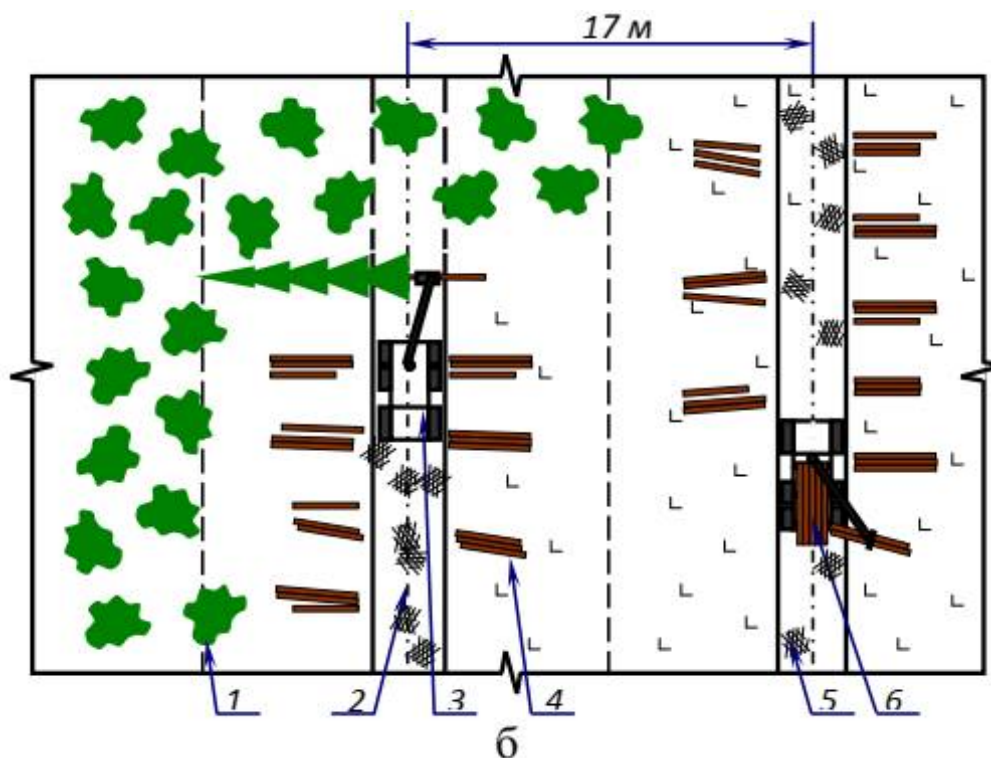


Рис. 6.2. Технологическая схема разработки пасеки без сохранения подроста: а – с волоком по границе пасеки; б – с волоком посередине пасеки: 1 – растущий лес; 2 – волок; 3 – харвестер; 4 – пакеты сортиментов; 5 – порубочные остатки; 6 – форвардер

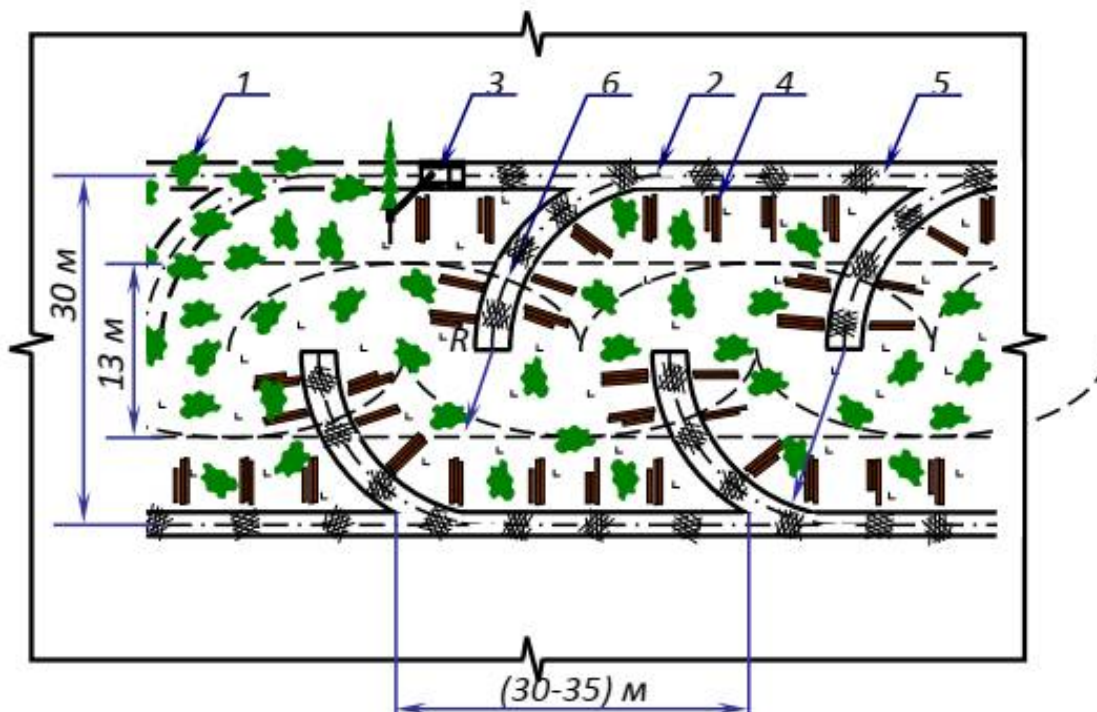


Рис. 6.3. Схема работы харвестера с заездами на полупасеки: 1 – растущий лес; 2 – волок; 3 – харвестер; 4 – пакет сортиментов; 5 – порубочные остатки; 6 – заезд на полупасеку

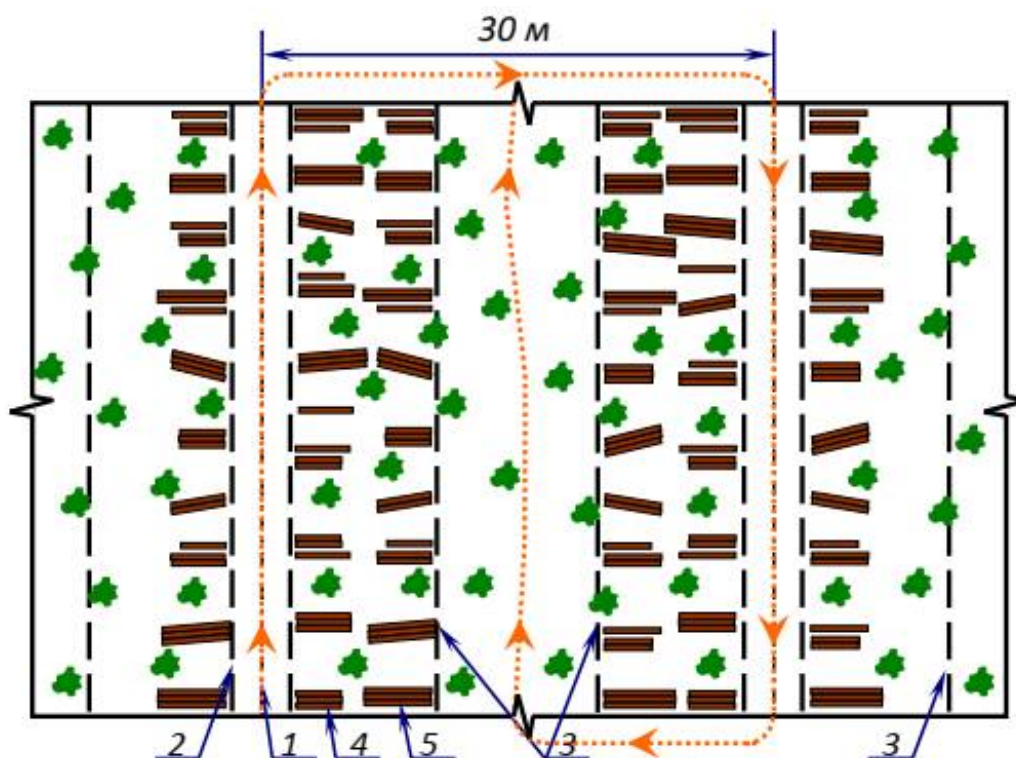


Рис. 6.4. Схема разработки пасеки со вспомогательным коридором:
1 – путь движения харвестера; 2 – границы волока; 3 – границы ленты;
4 – пакеты сортиментов, сформированные при разрубке волока; 5 – пакеты сортиментов, сформированные при разрубке вспомогательной ленты

Некоторое дополнительное увеличение ширины пасеки может быть достигнуто за счет разрубки двух вспомогательных коридоров (рис. 6.5). При работе по этой технологии харвестер после разрубке смежных волоков, отстоящих друг от друга на расстоянии около 5 эффективных вылетов манипулятора и прилегающих полулент, приступает к работе на промежуточной пасеке леса, которая осваивается за два прохода. Причем харвестер укладывает выпиленные сортименты в пакеты при работе во вспомогательных коридорах на одну сторону таким образом, чтобы они были достигаемы для манипулятора форвардера при движении по трелевочному волоку. Необходимость укладки сортиментов на одну сторону при работе во вспомогательных коридорах ведет к некоторому снижению производительности.

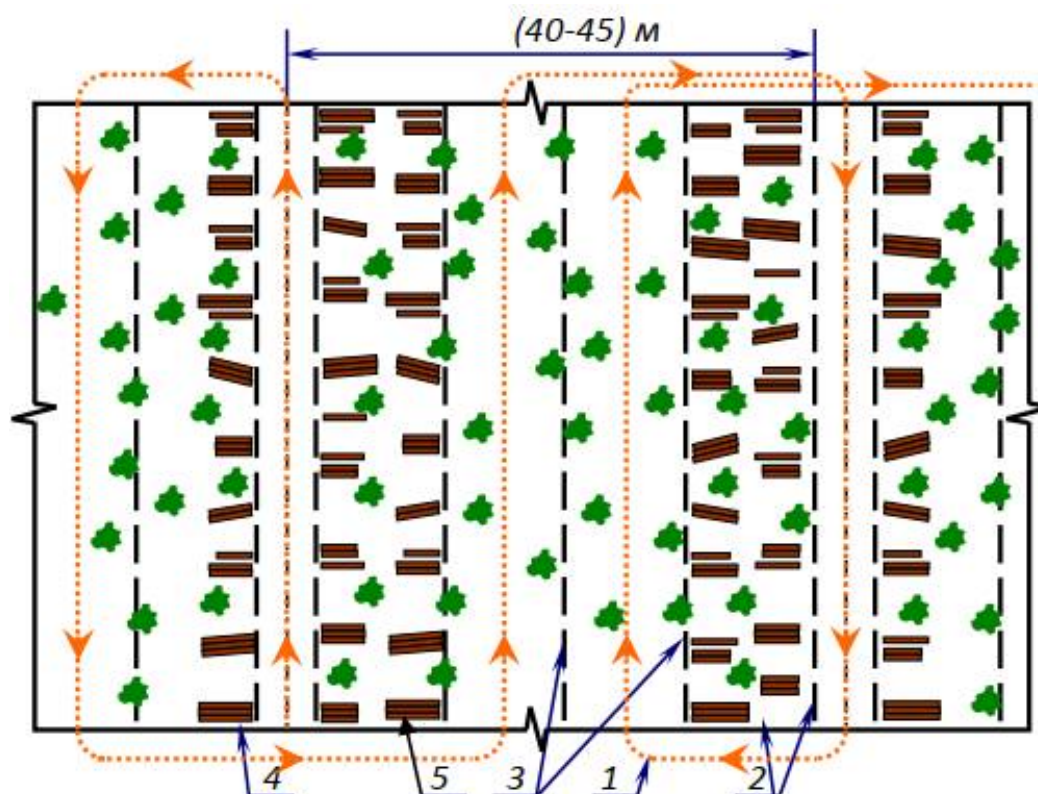


Рис. 6.5. Технологическая схема работы харвестера на пасеке с двумя вспомогательными коридорами:

1 – путь движения харвестера; 2 – границы волока; 3 – границы ленты; 4 – пакеты сортиментов, сформированные при разрубке волока; 5 – пакеты сортиментов, сформированные при разрубке вспомогательной ленты (40-45 м)

Возможность использования харвестера при работе по неполному циклу лежит в основе технологии разработки пасеки при его работе в трех режимах (рис. 6.6).

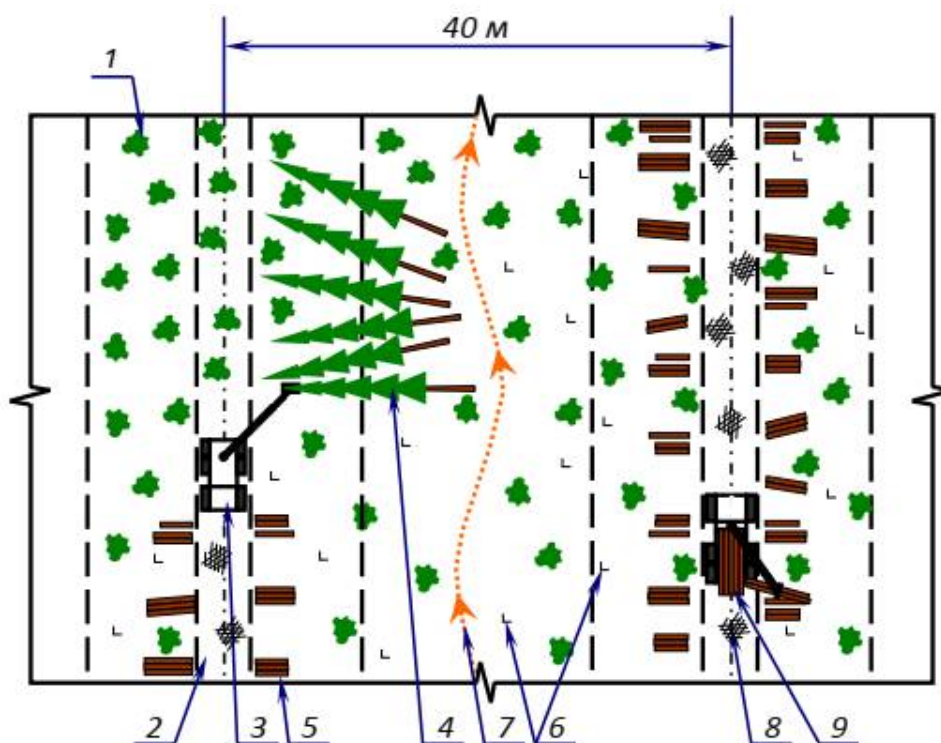


Рис. 6.6. Технологическая схема разработки пасеки харвестером в трех режимах:

1 – растущий лес; 2 – волок; 3 – харвестер; 4 – поваленные деревья; 5 – пакет сортиментов; 6 – пеньки; 7 – движение харвестера при работе в режиме «валка»; 8 – порубочные остатки; 9 – форвардер

Лабораторная работа проходит в центре по подготовке операторов лесозаготовительных машин с процессорным управлением Komatsu и Ponsse на кафедре ТОЛП.

В процессе ознакомления с технологическим оборудованием и назначением машин харвестер – форвардер обучающиеся получают навыки управления машиной на симуляторе и способами заготовки сортиментов. Производительность определяют как по формульным данным, так и по хронометражному наблюдению.

Часовая производительность харвестера определяется по формуле

$$Пч. = \frac{3600V_{хл}}{T_{ц}}, \quad (6.1)$$

где $V_{хл}$ – средний объем хлыста, $м^3$; $T_{ц}$ – время цикла обработки одного дерева, с.

$$T_{ц} = t_{д.н.} + \frac{l_x}{v_n} + \frac{\pi d^2(n_n + 1)}{4Пч. n \phi_1} + \frac{10^4 V_{хл}}{\Delta v q} + \frac{10^4 V_{хл} c}{L_n \Delta v q}, \quad (6.2)$$

где $t_{д.н.}$ – время доставки манипулятором харвесторного агрегата к дереву и его захват ($t_{д.н.}=20 - 40$ с); l_x – средняя длина хлыста, м; v_n – скорость протаскивания, м/с; d – диаметр в месте среза, м; n_n – число пропилов; $Пч. n$ – производительность чистого пиления, $м^3/с^2$; ϕ_1 – коэффициент использова-

ния производительности чистого пиления; c – расстояние между соседними лентами, м; Δ – ширина ленты, м; v – скорость движения харвестера по лесосеке, м/с; q – запас леса на га, м³; L_l – длина ленты, м.

Сменная производительность харвестера определяется по формуле

$$П_{см} = П_{ч} T_{см} \varphi_l \quad (6.3)$$

где $П_{ч}$ – часовая производительность на трелевке, м³/ч; $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; φ_l – коэффициент использования рабочего времени смены.

Часовая производительность форвардера определяется по формуле

$$П_{ч.} = \frac{3600M}{T_{ц}}, \quad (6.4)$$

где M – средний объем перемещаемой пачки, м³; $T_{ц}$ – время цикла погрузки одного дерева, с.

$$T_{ц} = \frac{L_{mp}}{v_x} + t_{м.л} + t_{д.з.н} \frac{M}{Q_c} + \frac{10^4 M}{a_n \Delta q k_l m_p \sigma_d} \left(\frac{a_n}{v} + t_{p.m} \right) + \frac{L_{mp}}{v_p} + t_{з.у} \frac{M}{Q_c} + t_{м.н} \quad (6.5)$$

где L_{mp} – среднее расстояние трелевки, м; v_x , v_p – скорость при движении форвардера в холостом и грузовом направлении соответственно, м/с; $t_{м.л}$ – время маневров на лесосеке, с; $t_{д.з.н}$ – время на один цикл доставки грейфера, захвата сортимента и погрузки его на коник, с; Q_c – объем группы сортиментов, захватываемых грейфером, м³; a_n – расстояние между рабочими позициями, м; Δ – ширина ленты леса, м; q – запас леса на 1 га, м³; k_l – коэффициент доли вырубленной древесины; σ_d – коэффициент, учитывающий долю долготы; m_p – количество куч сортиментов, которых может обрабатывать форвардер с одной рабочей позиции; v – скорость движения форвардера между рабочими позициями, м/с; $t_{p.m}$ – время на перевод технологического оборудования из транспортного положения в рабочее и наоборот, с; $t_{з.у}$ – время одного цикла захвата группы сортиментов грейфером, перенос их из коника в штабель, с; $t_{м.н.}$ – время маневров на погрузочном пункте, с.

Объем группы сортиментов, захватываемых грейфером, определяется по формуле

$$Q_c = \frac{Wk_z}{g\gamma}, \quad (6.6)$$

где W – грузоподъемность манипулятора, кН; k_z – коэффициент использования грузоподъемности манипулятора; g – ускорение свободного падения ($g = 9,81$), м/с²; γ – плотность древесины т/м³.

Сменная производительность форвардера определяется аналогично формуле (6.3).

Библиографический список

1. Машинная обрезка сучьев на лесосеке / К.И. Вороницын, Г.К. Виногоров, С.М. Гугелев и др. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 80 с.
2. Технология и машины лесосечных работ: учебник / В. И. Пятакин [и др.]; под ред. В. И. Пятакина; С.-Петерб. гос. лесотехн. ун-т им. С. М. Кирова. - СПб.: СПбГЛТУ, 2012. - 362 с.
3. Сортиментная заготовка древесины: учеб. пособие / В.А. Азаренок, Э.Ф. Герц, С.В. Залесов, А.В. Мехренцев. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 140 с.
4. Гороховский, К.Ф, Лившиц Н.В. Машины и оборудование лесосечных и лесоскладских работ. М.: Экология, 1991. – 528 с.
5. Сенников М.А., Бачин О.И. Тракторы, трелевочные машины и агрегаты: Справочные материалы – Архангельск. – 2002. – 122 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Техническая характеристика бензиномоторных пил

Марка	Кро- на-202	Stihl MS 260	Stihl MS 362	Husqvarna 262 XPH	Husqvarna 365 SP
Мощность двигателя, кВт	1,8	2,6	3,5	3,3	4,6
Объем цилиндра, см ³	44	50,2	59	62	65,1
Частота вращения вала двигателя, об/мин	7000	7000	9000	9000	9000
Вместимость баков, л: топливного для смазки	0,6 0,25	0,56 0,33	0,6 0,33	0,6 0,32	0,8 0,4
Длина пильной шины, см	32	40	40	38	45
Масса пилы, кг	6,8		5,8	6,0	6,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Краткая характеристика современных ВПМ

Марка	МЛ-135	ЛП-60-01	John Deere 803M	Tigercat 845D
Мощность двигателя, кВт	165	95,5	224	205
Вылет манипулятора наибольший, м	9,5	8	8,5	8
Скорость передвижения, км/ч	5	4	5	5
Наибольший диаметр сре- заемого дерева в месте пропила, м	0,56	0,7	0,8	0,9
Габаритные размер, мм: длина ширина высота	12180 3250 3200	11220 3050 3300	12500 3360 3430	12000 3435 3360
Основной рабочий орган	ЗСУ с дисковой фрезой	ЗСУ с цепной пилой	ЗСУ с дисковой фрезой	ЗСУ с дисковой фрезой
Масса, кг	23500	24100	28250	25490

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Техническая характеристика самоходных сучкорезных машин

Сучкорезная машина	ЛП-30Г	ЛП-33А
Базовый трактор	ТДТ-55А	ТТ-4М
Мощность двигателя, кВт	58,8	96
Диаметр обрабатываемого дерева в зоне срезания сучьев, см	40	65
Максимальный диаметр срезаемых сучьев, см	15	15
Максимальная кривизна обрабатываемого дерева, %	15	15
Скорость протаскивания, м/с	2	1,7
Максимальный ход каретки, м	8,3	8,8
Усилие протаскивания, кН	30	50
Скорость передвижения машины, км/ч	5	5
Габаритные размеры, мм		
длина	11000	11700
ширина	2700	2700
высота	3600	3500
Конструктивная масса, кг	12300	19000
Разработчик	ОАО «ЦНИИМЭ»	

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Технические характеристики сучкорезно-раскряжевых машин (процессоров)

Марка	ЛО-120	John Deere 2154G
Базовый трактор	ЛП-30Г	John Deere
Мощность двигателя, кВт	58,8	122
Диаметр обрабатываемого дерева в зоне срезания сучьев, см	48	65
Максимальный диаметр срезаемых сучьев, см	15	15
Максимальная кривизна обрабатываемого дерева, %	15	15
Диапазон скоростей передвижения, км/ч	2-4	2,9-4,8
Скорость протаскивания, м/с	2	-
Максимальный ход каретки, м	8,3	-
Усилие протаскивания, кН	29,8	-
Габаритные размеры, мм		
длина	11500	9860
ширина	3200	2700
высота	3600	3510
Конструктивная масса, кг	12300	28300

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Технические характеристики трелевочных тракторов

Марка	ТДТ-55А	ТБ-1М-15	ЛТ-230	ТЛК-4-01
База	Гусеничная			Колесная
Тип оснащения	Чокерный	Бесчокерный		С пачковым захватом
Мощность двигателя, кВт	61	88	88	147
Диапазон скоростей, км/ч	3 – 12	3-11	3-11	0-32
Номинальное тяговое усилие, кН	66,5	-	-	-
Наибольший вылет захватного органа, м	-	8	1,5	1,5
Максимальный объем трелеваемой пачки, пакета, м ³	-	8-10	8	7
Габаритные размеры, мм				
длина	5850	6200	6200	8000
ширина	2357	2600	2600	3400
высота	2560	3000	3000	3605
Конструктивная масса, кг	8700	13800	14200	15400

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Технические характеристики лесопогрузочных машин и самопогружающихся автопоездов

Марка	ПЛ-1В	ЛТ-72А	ЛТ-163	ТМ-45-03
Базовый трактор, шасси	ТДТ-55А	ТТ-4	К-703	КамАЗ-53212
Мощность двигателя, кВт	58,8	84,6	160	
Базовый прицеп	-	-	-	ТМ-45.05
Вылет стрелы манипулятора, м	-	7,6	-	7,3
Максимальная грузоподъемность, т	3,2	1,6	4	15,85
Максимальная высота подъема груза, м	2,8	7,2	3	-
Скорость передвижения машины, км/ч	2-4	5,76	10	60
Габаритные размеры, мм				
длина	5900	10800	11200	-
ширина	3200	2800	4500	-
высота	2900	3900	5200	-
Конструктивная масса, кг	11300	16400		16370

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Технические характеристики отечественных харвестеров

Марка	МЛ-152	ОТЗ-515	Акодор 2551
База	гусеничная	колесная	
Манипулятор	Loglift 200 V 83	Silvatec	Kesla 1395H
Вылет стрелы манипулятора, м	10	8	9,5
Грузоподъемность при максимальном вылете, кг	1800	1800	1010
Харвестерная головка	Premio 650	Silvatec	Kesla 25RH II
Максимальный диаметр спиливаемого дерева, см	70	63,5	67
Мощность двигателя, кВт	125	206	132
Скорость передвижения машины, км/ч			
1 диапазон	2,4	10	10
2 диапазон	4,8	25	25
Габаритные размеры, мм			
длина	13500		10250
ширина	3150	2820	2900
высота	3175	3200	3750
Конструктивная масса, кг	22000	19200	15700

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Технические характеристики зарубежных харвестеров

Марка	Ponsse Bear 8w	Komatsu 911	John Deere 1270G	Tigercat H822D
База	Колесная			Гусеничная
Манипулятор	Ponsse C6	Komatsu CRH18	CH7	Tigercat
Вылет стрелы манипулятора, м	10	10	10	9,12
Грузоподъемность при максимальном вылете, кг	3100	2500	1970	3495
Харвестерная головка	Ponsse H8	Komatsu 360.2	Warath H413	Tigercat 570
Максимальный диаметр спиливаемого дерева, см	72	55	58	60

Окончание прил. 8

Марка	Ponsse Bear 8w	Komatsu 911	John Deere 1270G	Tigercat H822D
Мощность двигателя, кВт	240	170	190	210
Диапазон скоростей передвижения машины, км/ч	0-25	0-25	0-22	1,9-4,2
Габаритные размеры, мм				
длина	8990	8270	9600	9120
ширина	3170	2940	2960	3388
высота	3880	3740	3800	3330
Конструктивная масса, кг	24500	17300	20650	28350

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Технические характеристики отечественных форвардеров

Марка	МЛ-104	МЛ-33	Амкодор 2631
Грузоподъемность, кг	10000	10000	9000
Манипулятор	-	-	Kesla 303
Грузоподъемность манипулятора при максимальном вылете, кг	750	650	410
Максимальный вылет стрелы манипулятора, м	10	7,1	6,8
Мощность двигателя, кВт	92	110	90
Скорость движения, км/ч			
рабочая (I передача)	4	5,49	4,4
транспортная (IV передача)	35	30	28
Габаритные размеры, мм			
длина	10600	11500	9000
ширина	2700	2700	2300
высота	3700	3700	3620
Эксплуатационная масса, кг	12000	16050	12500

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Технические характеристики зарубежных форвардеров

Марка	Ponsse Elephant	Komatsu 845	John Deere 1210G
Грузоподъемность, кг	18000	12000	13000
Манипулятор	Ponsse K100	Komatsu 105F	John Deere
Грузоподъемность манипулятора при максимальном вылете, кг	1450	1030	1250
Максимальный вылет стрелы ма- нипулятора, м	9,5	10	10
Мощность двигателя, кВт	205	140	156
Скорость движения, км/ч рабочая (I передача) транспортная (IV передача)	0-25	0-20	0-25
Габаритные размеры, мм			
длина	11225	9306	10770
ширина	3130	3028	3086
высота	3900	3885	3800
Эксплуатационная масса, кг	22000	16600	18080

Оглавление

Общие положения	3
Общие указания по выполнению лабораторных работ	3
Техника безопасности при выполнении лабораторных работ	4
Лабораторная работа 1. Валка дерева: цепная бензиномоторная пила, валочно-пакетирующая машина, харвестер	4
Лабораторная работа 2. Обрезка сучьев: бензиномоторные пилы, сучкорезные машины	7
Лабораторная работа 3. Раскряжевка: цепные бензиномоторные пилы, сучкорезно-раскряжевочные машины (процессоры)	14
Лабораторная работа 4. Трелевка древесины тракторами: трактора с тросочерной оснасткой, с манипулятором, скиддеры	18
Лабораторная работа 5. Погрузка древесины: челюстные и фронтальные погрузчики, самопогружающиеся автопоезда	22
Лабораторная работа 6. Сортиментная технология лесозаготовок многооперационными машинами	26
Библиографический список	35
Приложение 1. Техническая характеристика бензиномоторных пил	36
Приложение 2. Краткая характеристика современных ВПМ	36
Приложение 3. Техническая характеристика самоходных сучкорезных машин	37
Приложение 4. Технические характеристики сучкорезно-раскряжевочных машин (процессоров)	37
Приложение 5. Технические характеристики трелевочных тракторов	38
Приложение 6. Технические характеристики лесопогрузочных машин и самопогружающихся автопоездов	38
Приложение 7. Технические характеристики отечественных харвестеров	39
Приложение 8. Технические характеристики зарубежных харвестеров	39
Приложение 9. Технические характеристики отечественных форвардеров	40
Приложение 10. Технические характеристики зарубежных форвардеров	41



Ю.В. Ефимов

ТЕХНОЛОГИЯ И МАШИНЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ

Екатеринбург
2019